

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

Helder Fernandes de Oliveira

**Adaptação marginal de materiais retro-obturadores detectada
por meio de microscopia eletrônica de varredura**

**Dissertação de Mestrado
Modalidade Artigo Científico**

**Goiânia
2012**

Helder Fernandes de Oliveira

**Adaptação marginal de materiais retro-obturadores detectada
por meio de microscopia eletrônica de varredura**

Trabalho apresentado para defesa de
dissertação de mestrado ao Programa de pós-
graduação em Odontologia da Universidade
Federal de Goiás para obtenção do título de
Mestre em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Estrela

Co-orientadora: Profa. Dra. Ana Helena G. de Alencar

**Goiânia
2012**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**

**BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Aluno: Helder Fernandes de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Carlos Estrela

Co-orientadora: Profa. Dra. Ana Helena Gonçalves de Alencar

Membros:

1. Profa. Dra. Ana Helena Gonçalves de Alencar

2. Prof. Dr. Carlos Estrela

3. Profa. Dra. Heloisa Helena Pinho Veloso

Suplentes:

1. Profa. Dra. Maristela Gutiérrez de Borba

Data: 27/02/2012

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus queridos pais Dalva e Divino, por todos os ensinamentos que me transmitiram, pelo apoio, carinho e amor em todos os caminhos do qual percorri na maravilhosa escola da vida.

AGRADECIMENTOS

Meus *eternos agradecimentos*,

À **Deus**, grande arquiteto do universo, fortaleza nos momentos de dificuldade, luz nos momentos de glória, que me concedeu o maravilhoso dom da vida, uma família especial e amigos que me fazem evoluir a cada dia.

Aos meus queridos avós, **João Firmino da Silva e Sebastiana Aurora da Silva** (*in memoriam*), exímios exemplos de vida, luta, superação, e amor incondicional.

Aos meus queridos pais, **Divino Fernandes de Oliveira e Dalva Maria Fernandes**, pela paciência, carinho, amor, constante incentivo e por me proporcionarem a alegria de viver.

Ao meu grande Mestre, orientador, amigo, **Prof. Carlos Estrela**, por todo conhecimento, dedicação e fundamentalmente paciência em sempre servir, ajudar e por ter me aberto às portas da docência no ensino superior, sou e serei eternamente grato ao bem que me proporcionou.

À **Prof.^a Ana Helena G. de Alencar**, que sempre colaborou conosco durante esta caminhada e pelos exemplos de educadora do qual nos inspiramos a cada dia.

Aos meus amigos e irmãos de alma, **Alexandre Carlos E. Silva e Marcelo Shin Iti Gondo Ribeiro**, por todo apoio, companheirismo e pelos

excelentes momentos de convivência passadas, e futuras do qual estaremos juntos.

*Aos meus amigos do grupo de Endodontia da Faculdade de Odontologia, **Daniel de Almeida Decurcio, Júlio Almeida Silva, Orlando Aguirre Guedes, Felipe Cavalcanti Sampaio** e todos os demais, obrigado pela amizade, convivência saudável e constante estímulo na busca de uma evolução científica e pessoal.*

*Aos meus colegas da Turma de Mestrado-UFG 2009/2011, **André Gomide, André Drumond, Edmar Fernandes, Érika Bitencourt, Iury Castro, Julianna Amaral, Mariana Crosara, Milena Lenza, Rafaella Mosquera, Raphaella Guimarães, Regis Aleixo e Vinícius Póvoa**, e a todos os colegas contemporâneos de pós-graduação, que compartilharam comigo esta jornada do qual muito aprendi.*

*À todos os professores do Programa de Pós-graduação em Odontologia FO/UFG, pelos conselhos, apoio, colaboração e constante estímulo no aprendizado da carreira docente. E em especial a **Profa. Aline Carvalho Batista**, coordenadora do programa, por todo trabalho, dedicação e empenho em sempre elevar o nível do nosso Mestrado.*

*À **Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC-RS** pela gentileza em nos ceder o espaço do Centro de Microscopia e Microanálise para a obtenção e análise das imagens de microscopia eletrônica de varredura.*

À Faculdade de Odontologia – FO-UFG desta universidade, na pessoa do seu diretor, Prof. Dr. Gersinei Carlos de Freitas, pelo empenho em proporcionar sempre o melhor para o ensino da odontologia.

E a todos os amigos, que de alguma forma, contribuíram neste processo de conquista e superação.

PENSAMENTO

“Seu tempo é limitado, então não percam tempo vivendo a vida de outro. Não sejam aprisionados pelo dogma que é viver com os resultados do pensamento de outras pessoas. Não deixe o barulho da opinião dos outros abafar sua voz interior. E mais importante, tenha a coragem de seguir seu coração e sua intuição. Eles de alguma forma já sabem o que você realmente quer se tornar. Tudo o mais é secundário”.

Steve Jobs

SUMÁRIO

Quadros, tabelas, figuras e anexos	ix
Símbolos, siglas e abreviaturas	x
Resumo	xi
Abstract	xii
1. Caracterização do problema	13
2. Justificativa do estudo	17
3. Objetivo	18
4. Material e método	19
5. Resultados	26
6. Discussão	29
7. Conclusão	35
8. Referências bibliográficas	36
9. Publicação	43

QUADROS, TABELAS, FIGURAS E ANEXOS

Quadro 1. Distribuição das amostras experimentais de acordo com o material retro-obturador.....	22
Tabela 1. Comparação dos materiais retro-obturadores quanto aos níveis de adaptação marginal	27
Figura 1. Representação esquemática da classificação utilizada na avaliação das áreas de adaptação marginal dos materiais retro-obturadores.....	24
Figura 2. Imagens exemplificando adaptação marginal com IRM [®] (A1 e B1), Amálgama (A2 e B2), Pro-Root MTA [®] (A3 e B3), Super-EBA [™] (A4 e B4) e Epiphany/Resilon [™] (A5 e B5) com magnificações de 100X (A) e de 500X (B).....	28

SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

#	<i>Number</i>
%	Porcentagem
®	Marca registrada
α	Nível de significância
AM	Amazonas
CA	Califórnia
CO	Company
Corp	Corporation
CT	Connecticut
°C	grau Celsius
Del	Delware
ECB	Estufa para cultura bacteriológica
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
<i>et al.</i>	e colaboradores
GHZ	Giga-hertz
GL	Gay Lussac
GO	Goiás
ISO	International Organization for Standardization
IRM	Intermediate Restorative Material
Lt	Lote
mL	Mililitro
mm	Milímetro
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
MTA	Mineral Trioxide Aggregate
n.	Número
NaOCl	Hipoclorito de sódio
OK	Oklahoma
ref	Referência
SDI	Southern Dental Industries
SP	São Paulo
SP-2	Service Pack 2
TM	<i>Trademark</i>
USA	United States of America
XP	eXPerience
WA	Washington

RESUMO

Objetivo: avaliar a adaptação marginal de materiais retro-obturadores detectada por meio de imagens de microscopia eletrônica de varredura.

Material e método: foram utilizados 25 dentes humanos unirradiculares extraídos, sendo os canais radiculares preparados até o instrumento K-File ISO de n. 50, e obturados com a técnica de condensação lateral com cones de guta-percha e cimento Sealapex[®]. As raízes foram apicectomizadas com auxílio da broca Zecrya[®], em direção perpendicular ao longo eixo da raiz. Cavidades retrógradas de 3 mm de profundidade foram preparadas utilizando-se pontas ultrassônicas df908. Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em cinco grupos de acordo com o tipo de material retro-obturador (IRM, Amálgama, Pro-Root MTA, Super-EBA e Epiphany/Resilon). Os materiais foram manipulados segundo os fabricantes e inseridos nas retro-cavidades. Os ápices radiculares foram cuidadosamente preparados para a metalização e posterior avaliação por meio de microscopia eletrônica de varredura. As imagens das retro-obturações foram divididas em quatro quadrantes e distribuídas em cinco categorias quanto ao nível de adaptação marginal entre os materiais e as paredes dos canais radiculares. O teste exato de Fisher foi empregado para análise estatística. O nível de significância foi de $\alpha = 5\%$. **Resultados:** Pro-Root MTA apresentou melhor adaptação marginal quando comparado ao IRM, Amálgama e Epiphany/Resilon ($p < 0,05$), e resultados similares em relação ao Super-EBA ($p > 0,05$). O Epiphany/Resilon mostrou a menor adaptação marginal ($p < 0,05$). **Conclusão:** Pro-Root MTA e o Super-EBA apresentaram maior adaptação marginal, enquanto o Epiphany/Resilon a menor.

Descritores: apicectomia, materiais dentários, MTA, microscopia eletrônica de varredura.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the marginal adaptation of root-end filling materials by images of scanning electron microscopy. **Material and methods:** Twenty five human maxillary anterior teeth were prepared by an instrument in the K-File #50, 1 mm below the apical foramen, and filled with gutta-percha points and Sealapex® using the conventional lateral condensation technique. The apical 3mm of roots was cut off perpendicular to the long axis of the tooth with a Zecrya® drill. A 3-mm-deep root end cavity was prepared with ultrasonic tips of 908 powered by an ultrasonic unit Enac®. The teeth were randomly assigned to 5 groups of 5 roots each, according to the materials tested (IRM, Amalgam, Pro-Root MTA, Super-EBA and Epiphany/Resilon). The materials were prepared according to the manufacturer's directions and the root-end cavities were filled. The root apices were carefully prepared for metallization and posterior evaluation by scanning electron microscopy. The images of root-end-filling were divided in four quadrants and distributed into five categories according to level of marginal adaptation between the root end material and the root canal walls. The Fisher exact test was used for statistical analysis. The level of significance was $\alpha=5\%$. **Results:** The Pro-Root MTA showed better marginal adaptation than to IRM, Amalgam and Epiphany/Resilon ($p<0.05$), and similar results in relation to Super-EBA ($p>0.05$). Epiphany/Resilon marginal adaptation showed lower ($p <0.05$). **Conclusion:** The Pro-Root MTA and Super EBA presented the largest number of quadrants with marginal adaptation, while the Epiphany /Resilon smallest.

Key words: *Root-end filling materials, apical microleakage, marginal adaptation, MTA scanning electron microscopy.*

1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A perfeita sanificação do canal radicular infectado favorece o controle da colonização de bactérias e/ou endotoxinas em direção aos tecidos periapicais ou uma possível reinfecção. Os procedimentos inerentes a esta fase constituem aspectos essenciais ao sucesso endodôntico (1).

Diferentes fatores podem ser responsáveis pelo fracasso do tratamento endodôntico, os quais incluem os de origem microbiana (infecções intrarradiculares e extrarradiculares) e os de origem não microbianas (exógenos e endógenos) (2).

Os sinais característicos do fracasso do tratamento endodôntico, caracterizados pela presença de periodontite apical e muitas vezes por sintomatologia pós-tratamento, constituem importantes indicadores da necessidade de novas intervenções, endodôntica e/ou cirúrgica (3).

Avanços nas ciências dos materiais e o aprimoramento tecnológico têm valorizado os protocolos terapêuticos da endodontia contemporânea. Novos materiais com adequadas propriedades físico-químicas e biológicas (3-8) possibilitaram uma melhor qualidade e previsibilidade do tratamento endodôntico convencional. Todavia, observam-se índices superestimados de sucesso dos tratamentos endodônticos, particularmente anterior à análises com critérios mais rígidos e à contribuição de imagens em três dimensões (10-13).

A ocorrência de fracassos endodônticos, apesar dos avanços biológicos e físico-químicos dos materiais, sugere que os objetivos essenciais ao tratamento endodôntico não têm sido alcançados com o esvaziamento, alargamento, sanificação e selamento. (3,14). Fatores de risco, como a presença de microbiota endodôntica estruturada em biofilme em áreas inacessíveis e a ausência de adoção de uma estratégia de sanificação por meio de um protocolo técnico eficaz e rígido, têm sido apontados como os responsáveis pelos fracassos da terapia endodôntica (1-3).

Todavia, observa-se que condutas clínicas mais cuidadosas regidas por protocolos terapêuticos respaldados cientificamente têm permitido retratamentos endodônticos por meio de via convencional, em detrimento do emprego de terapêutica eminentemente cirúrgica. Esgotados todos os recursos endodônticos convencionais, uma criteriosa análise de riscos e benefícios da cirurgia parendodôntica deve ser realizada frente à viabilidade de uma possível indicação para o implante dentário (3).

Complicações associadas ao tratamento endodôntico, tais como a presença de degraus, transportes apicais, perfurações radiculares, fratura de instrumentos, retentores intrarradiculares de difícil remoção, calcificações e canais radiculares com complexas estruturas anatômicas, bem como a presença de infecções secundárias ou persistentes, constituem sinalizadores para as intervenções cirúrgicas. Assim, a cirurgia parendodôntica representa uma alternativa para evitar extrações dentárias, após repetidos retratamentos endodônticos ou fracassos (3,14,15).

A cirurgia parentodôntica inclui a exposição e a remoção do ápice, e a preparação de uma retro-cavidade com posterior retro-obturação, por meio de materiais biocompatíveis, capazes de impedir a proliferação de bactérias e a difusão de toxinas aos tecidos periapicais (3,16).

O selamento proporcionado pelo material retro-obturador influencia no sucesso desta modalidade terapêutica. Enfatiza-se que o material retro-obturador ideal para ser utilizado em cirurgias parentodônticas deve oferecer adesividade às paredes dentinárias, promover o selamento tridimensional do canal radicular, ser biologicamente tolerado pelos tecidos periapicais, não reabsorvível, de fácil manipulação e radiopaco, além de possibilitar um ambiente propício para a regeneração tecidual (3,17-20).

Vários materiais foram propostos para o selamento de retro-preparos, incluindo guta-percha, amálgama, cimento de óxido de zinco e eugenol, Cavit, resinas compostas, ionômeros de vidro, Super-EBA, agregado de trióxido mineral (MTA), além de alguns cimentos endodônticos (3-5,14-20).

A importância do perfeito vedamento marginal apical em cirurgias parentodônticas requer adequadas propriedades físico-químicas e biológicas para os materiais retro-obturadores. Estes materiais têm sido testados por meio de diferentes metodologias, cujos objetivos têm sido estudar suas propriedades físico-químicas (7,24,27,32), propriedades microbiológicas (4,5,25,31,33-35) respostas teciduais (6,8,9,18,21-23,26,28,29) e selamento apical (5,14,17,20,30). O emprego da microscopia eletrônica de varredura tem sido utilizado para analisar adaptação marginal de materiais retro-obturadores (19,36,37).

A importância dos materiais retro-obturadores no contexto do selamento e do sucesso endodôntico, aliada à poucos estudos (19,36,37) que verificaram fendas ou espaços na interface material selador e parede dentinária por meio de ampliações, tornaram oportuno e justificável o presente estudo.

Desta forma, o objetivo foi avaliar a adaptação marginal de diferentes materiais retro-obturadores *in vitro* por meio de análise de imagens de microscopia eletrônica de varredura.

2. JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

O presente trabalho levou em consideração:

1. Necessidade de avaliações comparativas entre materiais retro-obturadores (IRM, Amálgama, MTA, Super-EBA) e o Epihany/Resilon;
 2. Conhecer o comportamento do Epihany/Resilon quanto à adaptação marginal, devido suas características resinosas, a partir da magnificação proporcionada por microscopia eletrônica de varredura.
-

3. OBJETIVO

O objetivo deste estudo *in vitro* foi avaliar a adaptação marginal de diferentes materiais retro-obturadores por meio de imagens de microscopia eletrônica de varredura.

4. MATERIAL E MÉTODO

Seleção e preparo da amostra

Vinte e cinco dentes humanos unirradiculares, extraídos por diferentes razões, foram obtidos no Serviço de Urgência da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil. Radiografias pré-operatórias de cada dente foram realizadas para verificar a ausência de calcificações, reabsorções internas ou externas, e a presença de rizogênese completa. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Goiás, Brasil (Protocolo n. 041/2011).

Os dentes foram removidos da solução de armazenamento de timol a 0,2% e imersos em hipoclorito de sódio a 5% (NaOCl; Fitofarma, Lt. 20442 Goiânia, GO, Brasil) por 30 minutos a fim de se remover tecido orgânico remanescente. A seguir, as coroas foram seccionadas utilizando-se brocas Endo Z (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland) em alta rotação, a fim de se padronizar um comprimento radicular de 16 mm. Este comprimento foi determinado por meio de paquímetro digital calibrado de 0,01 mm (Fowler/Sylvac Ultra-Cal Mark IV Electronic Caliper, Crissier, Switzerland), medido a partir do ápice radicular. Após a obtenção das radiografias iniciais e remoção coronária, o terço cervical do canal radicular de cada dente foi preparado utilizando brocas de Gates-Glidden ISO de n. 1 até n. 3 (Dentsply/Maillefer). A odontometria foi realizada pela visualização da lima K-File de n.15 no forame apical seguido de recuo de 1 mm (método visual).

Os terços apicais dos canais radiculares foram ampliados até lima K-File ISO de n. 50 (Dentsply/Maillefer). Durante o preparo dos canais radiculares, os mesmos foram irrigados com 3 mL de hipoclorito de sódio a 1% (Fitofarma) a cada troca de instrumento. Os canais radiculares foram secos com cones de papel correspondentes ao último instrumento, e preenchidos com EDTA a 17% (pH 7,2) (Biodinâmica, Ibitiporã, PR, Brazil) por 3 minutos para remoção da *smear layer*. A seguir, os canais radiculares foram novamente irrigados com 3 mL de hipoclorito de sódio a 1% e secos com cones de papel absorventes de n. 50.

Os canais radiculares foram obturados por meio da técnica da condensação lateral utilizando cones de guta-percha (Tanari[®], Manacapuru, AM, Brasil) e cimento obturador Sealapex[®] (Sybron Endo, Glendora, CA, USA) e armazenados em uma estufa odontológica (ECB, 1.3 digital, Odontobrás, Ribeirão Preto, SP, Brasil) a 37° por 24 horas, para permitir a completa presa do material.

As raízes foram apicectomizadas de forma perpendicular ao longo eixo da raiz, 3 mm aquém do ápice radicular, com uma broca Zecrya[®] (28mm - Dentsply/Maillefer) em alta velocidade, sob-refrigeração. O preparo das cavidades retrógradas foi realizado com 3 mm de profundidade, empregando-se ponta ultrassônica df 908 (Osada Eletric, CO., Osada, Japão) acopladas ao aparelho de ultrassom Enac[®] (Osada Eletric), sob constante irrigação com solução fisiológica. Posteriormente, os dentes foram divididos aleatoriamente em cinco grupos experimentais de acordo com o tipo de material retro-obturador (IRM[®], Amálgama, Pro-Root MTA[®], Super-EBA[™] e Epiphany/Resilon[™]). As cavidades retrógradas foram retro-

obturadas com os materiais experimentais testados (Quadro 1), manipulados e adaptados de acordo com as especificações dos respectivos fabricantes.

Quadro 1. Distribuição das amostras experimentais de acordo com o material retro-obturador.

Grupos	Materiais Retro-obturadores
1 (n=5)	IRM[®] (LD Caulk Division, Dentsply International, Milford, Del, EUA)
2 (n=5)	Amálgama (Logic+, SDI, Bayswater, Vic, Austrália)
3 (n=5)	Pro-Root MTA[®] (Dentsply, Tulsa Dental, Tulsa, OK, EUA)
4 (n=5)	Super- EBATM (Harry J., Bosworth Company, Illinois, EUA)
5 (n=5)	Epiphany/ResilonTM (Epiphany TM , Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, EUA)

Preparo dos espécimes para MEV

Os 3 mm apicais das raízes foram mantidos em solução de hipoclorito de sódio a 2,5%, por 3 horas. Os ápices foram submetidos a trocas sequenciais de álcoois (70°GL, 96°GL e 99,5°GL), por 5 horas e então transferidos para uma estufa odontológica (marca BIOMATIC, ref. 302, modelo 424) a 60°C por 4 horas. Os ápices radiculares foram cuidadosamente manuseados, com o auxílio de pinças, e colados em *stubs* com pó de grafite adicionado a esmalte de unha incolor. A metalização dos espécimes foi realizada com ouro no metalizador (marca BAL - TEC, referência SCD 005). A microscopia eletrônica de varredura foi realizada no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul com o emprego do microscópio Philips XL 20 (Philips, Eindhoven, Holanda).

Avaliação das imagens obtidas no MEV

Posterior à obtenção das imagens, a área do retro-preparo de cada espécime foi dividida em quatro quadrantes e classificada em escores de acordo com a presença ou ausência de fendas entre o material retro-obturador e a parede do canal radicular, constituindo cinco diferentes categorias: escore 0 – ausência de fendas na área do retro-preparo; escore 1 – presença de fenda em até 1/4 da área ou em 1 quadrante; escore 2 – presença de fenda em até 2/4 da área ou 2 quadrantes; escore 3 – presença de fenda em até 3/4 da área ou 3 quadrantes; escore 4 – presença de fenda em toda área do retro-preparo, ou ausência total de adaptação (Figura 1).

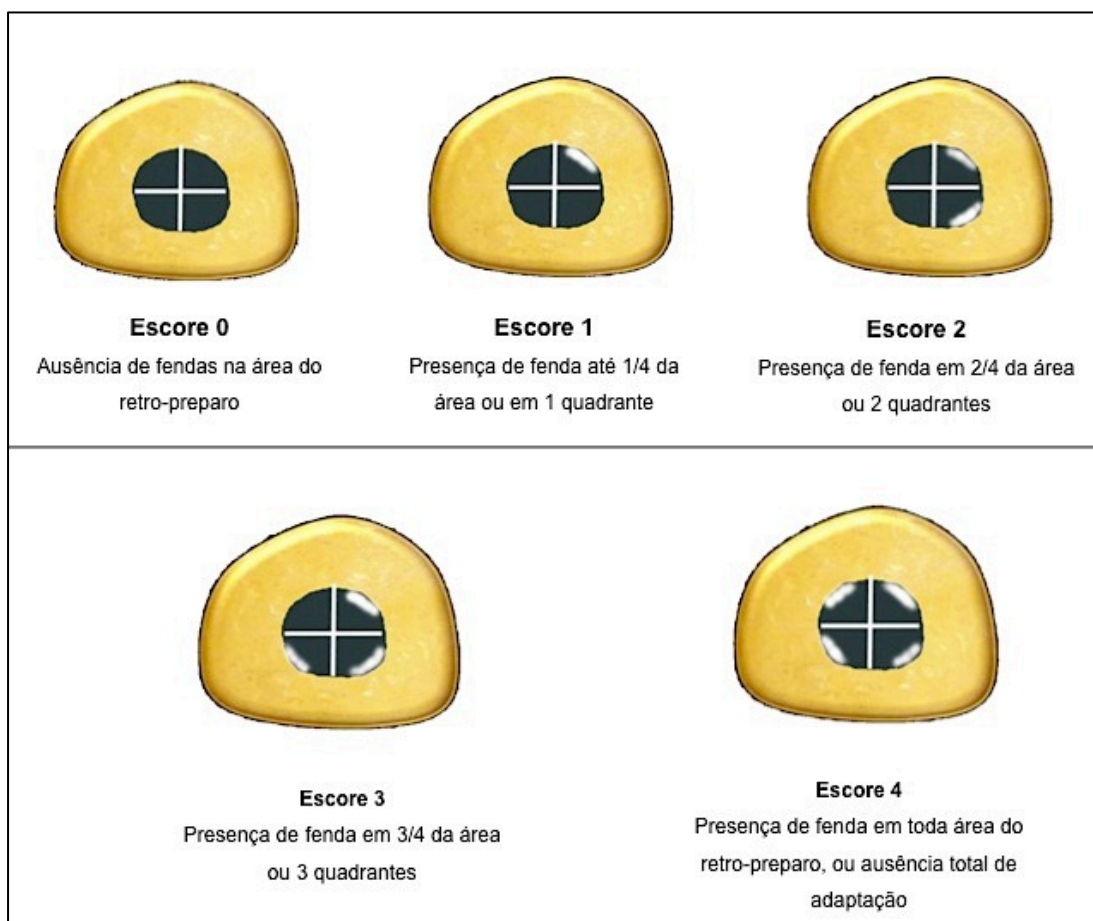


Figura 1. Representação esquemática da classificação utilizada na avaliação das áreas de adaptação marginal dos materiais retro-obturadores.

Para a análise das imagens da microscopia eletrônica de varredura dos materiais testados, a magnificação empregada como referência foi de 100X, uma vez que neste aumento era possível analisar em um mesmo momento todos os quadrantes. Quando necessário, o aumento de 500X foi utilizado com vistas a minimizar dúvidas em casos mais difíceis. Para tanto, utilizou-se de um computador com Microsoft Windows XP Professional SP-2 (Microsoft 18 Corp, Redmond, WA, USA), com processador Intel® Core™ 2 Duo-6300 1.86 Ghz (Intel Corporation, USA), placa de vídeo Nvidia GeForce 6200 turbo cache (Nvidia Corporation, USA), e monitor Eizo - Flexscan S2000, resolução 1600X1200 pixels (Eizo Nanao Corporation Hakusan, Japan). As avaliações das margens com adaptações marginais dos materiais retro-obturadores foram realizadas por dois especialistas calibrados, com mais de cinco anos de experiência. Quando não havia consenso, um terceiro examinador, também especialista em endodontia realizava a análise final.

Análise Estatística

Os diferentes tipos de material retro-obturador foram comparados considerando o escore de adaptação marginal, utilizando-se o teste exato de Fisher com o auxílio do software SPSS (Statistics for Windows 19.0 - SPSS Inc., Chicago, IL, USA). O nível de significância foi de $\alpha = 5\%$.

5. RESULTADOS

O Pro-Root MTA apresentou melhor adaptação marginal (Escore 0) quando comparado ao IRM (Escore 1), Amálgama (Escore 1) e Epiphany/Resilon (Escore 2 e 3) ($p < 0,05$), e resultados similares em relação ao Super-EBA (Escore 0 e 1) ($p > 0,05$). A adaptação marginal do IRM mostrou resultados similares ao Amálgama, Super-EBA e Epiphany/Resilon. O Amálgama somente demonstrou resultados superiores ao Epiphany/Resilon. O Super-EBA demonstrou melhor adaptação marginal comparado ao Epiphany/Resilon ($p < 0,05$).

O Epiphany/Resilon apresentou resultados inferiores (Escore 2 e 3) Pro-Root MTA, Super-EBA, Amálgama, e similares ao IRM. O Epiphany/Resilon mostrou o menor número de quadrantes com adaptação marginal ($p < 0,05$). (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação dos materiais retro-obturadores quanto aos escores de adaptação marginal.

	IRM[®]	Amálgama	Pro-Root MTA[®]	Super EBA[™]	Epiphany/ Resilon[™]
IRM[®]	-	p = 1	p = 0,048	p = 1	p = 0,143
Amálgama	p = 1	-	p = 0,048	p = 1	p = 0,029
Pro-Root MTA[®]	p = 0,048	p = 0,048	-	p = 0,167	p = 0,008
Super-EBA[™]	p = 1	p = 1	p = 0,167	-	p = 0,029
Epiphany/Resilon[™]	p = 0,143	p = 0,029	p = 0,008	p = 0,029	-

(*Teste de Exato de Fisher)

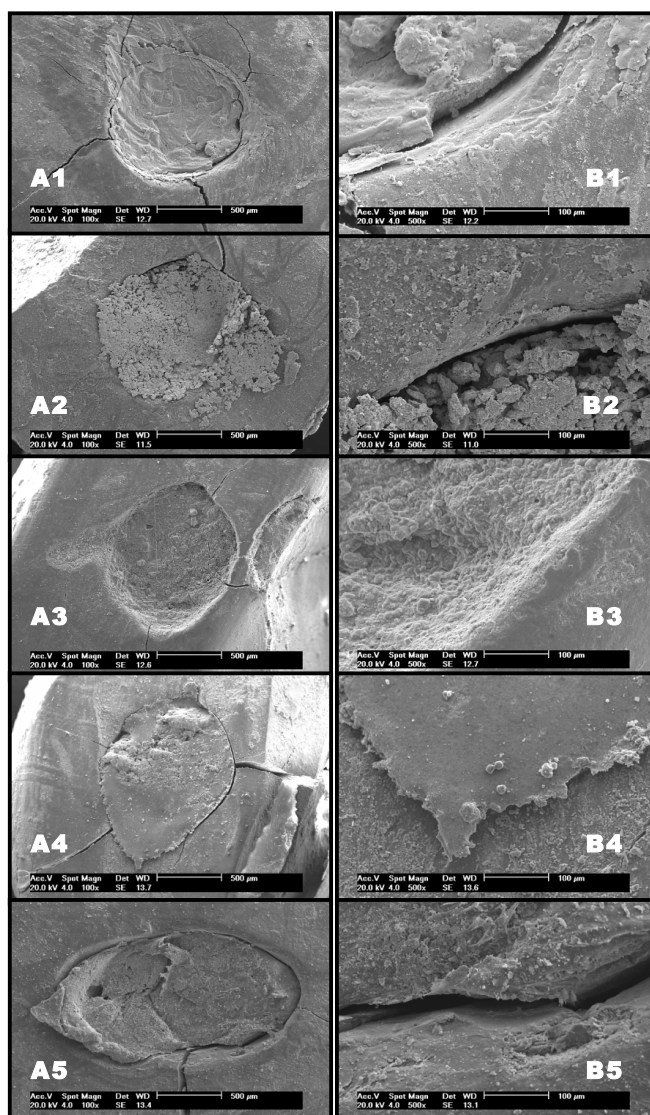


Figura 2. Imagens exemplificando adaptação marginal com IRM[®] (A1 e B1), Amálgama (A2 e B2), Pro-Root MTA[®] (A3 e B3), Super-EBA[™] (A4 e B4) e Epiphany/Resilon[™] (A5 e B5) em magnificações de 100X (A) e de 500X (B).

6. DISCUSSÃO

A mudança de conceito na endodontia observado com a revolução científica tem proporcionado diferentes alternativas terapêuticas para a solução de antigos problemas. Os avanços nas áreas de diagnóstico por imagens e no campo da biologia celular e molecular favoreceram o surgimento de novos desafios e perspectivas, como o aumento dos índices de sucesso endodôntico ou opções conservadoras de tratamento baseada na engenharia tecidual (3,38).

A constatação do diagnóstico de fracasso do tratamento endodôntico direciona à opções terapêuticas como o retratamento, a cirurgia parendodôntica ou até a perda do dente. A prevenção de infiltração bacteriana tem sido alvo de numerosos estudos, com análise da capacidade seladora de materiais restauradores, obturadores e retro-obturadores (3-5,14,17,20,25,30,35). O sucesso do tratamento convencional ou cirúrgico é favorecido pelo selamento coronário, endodôntico ou retrógrado.

O presente estudo avaliou a adaptação marginal dos materiais retro-obturadores (IRM, Amálgama, Pro-Root MTA, Super-EBA e Epiphany/Resilon) detectada por meio de imagens com magnificação de 100 e 500 vezes, valendo-se de microscopia eletrônica de varredura. O Pro-Root MTA apresentou melhor adaptação marginal comparado ao IRM, Amálgama e Epiphany/Resilon, e resultados similares em relação ao Super-EBA. O Epiphany/Resilon demonstrou menor adaptação marginal comparado aos

demais materiais testados. Estes resultados estão em concordância com estudos anteriores (4,5,19,26,37,39,40).

O MTA surgiu no início dos anos 90, como um material desenvolvido pelo Prof. Mahmoud Torabinejad (Universidade de Loma, Califórnia, USA) com o objetivo de selar as comunicações entre o interior e exterior do dente (4,5). Holland *et al.*(6) observaram resultados biológicos semelhantes entre o MTA e o hidróxido de cálcio, verificando que os mecanismos de ação destas substâncias são similares.

Diferentes metodologias têm sido utilizadas para a avaliação do selamento das retro-obturações (7,31,34,41,42). Vantagens, viabilidade dos estudos e as limitações inerentes as condições *in vitro* e *in vivo* têm sido discutidas. O MTA tem sido avaliado como selador de cavidades internas expostas aos tecidos pulpare e periapicais, valendo-se de diferentes métodos: testes por meio de infiltrações com corantes (4,5,14,41,44), modelos de transporte por fluídos (43), infiltrações com indicadores microbianos (7,31,34,42), testes de biocompatibilidade (6,8,9,17,18,21,22) e análise de adaptação marginal por meio de MEV (19,36,37). Em análise por meio de infiltração por corante, Torabinejad *et al* (5) compararam a habilidade seladora do MTA em retro-obturações, com outros materiais empregados. O MTA demonstrou adequado selamento marginal, sendo superior ao cimento Super EBA, que por sua vez apresentou menor grau de infiltração comparado ao amálgama de prata. Bernabé *et al.* (20) compararam o MTA, IRM, Super-EBA, ionômero de vidro e amálgama de prata

com verniz. Os índices de infiltração com azul de metileno a 2% foram verificadas em 24 horas. O MTA foi o material que apresentou os menores índices de infiltrações, e o IRM os piores resultados. Os demais materiais retro-obturadores tiveram resultados similares entre si. Gonçalves & Bramante (44) analisaram a capacidade de selamento apical de quatro técnicas obturadoras, empregando o Super-EBA e o MTA, frente ao indicador rodamina B a 0,2% por 72 horas. Quando o Super-EBA foi utilizado como material retro-obturador, não se observou diferença estatística significativa ($p>0,05$) entre as quatro técnicas de vedamento retrógrado. Quando o MTA foi utilizado como material retro-obturador, houve diferença estatística significativa entre as técnicas de obturação retrógrada e canalização ($p<0,05$) e entre as técnicas de retro-instrumentação com retro-obturação associada à obturação retrógrada e canalização ($p<0,05$); não houve diferença estatística significativa entre os materiais retro-obturadores Super-EBA e MTA empregados nas diferentes técnicas cirúrgicas estudadas.

Baseado em análise por transporte de fluídos, WU *et al.* (43) avaliaram em cem dentes bovinos, por doze meses, as infiltrações permitidas pelo MTA, amálgama sem zinco, Super-EBA e dois ionômeros de vidro (Fuji II e Hi Dense), retro-obturados com 3 milímetros de espessura e submetidos a um dispositivo condutor de fluido, com 0,1 atmosfera de pressão. Avaliações e mensurações foram feitas com 24 horas, ou 3, 6, ou 12 meses. Nos primeiros 3 meses, as infiltrações marginais do amálgama e do Super-EBA aumentaram e do MTA diminuiu. Após este período de tempo, os valores do amálgama e do Super-EBA diminuíram e do MTA se

manteve. Aos 3, 6 e 12 meses ambos os ionômeros e o MTA mostraram menores infiltrações que o amálgama e o Super-EBA.

Os testes de infiltrações com indicadores biológicos possibilitaram numerosos estudos (25,31,41). Torabinejad *et al.* (25) compararam os efeitos do amálgama, óxido de zinco e eugenol, Super-EBA e MTA frente a bactérias facultativas (*S. faecalis*, *S. mitis*, *S. mutans*, *S. salivarius*, *L.sp.*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, *B. subtilis* e *E. coli*) e bactérias anaeróbias estritas (*P. intermedia*, *P. buccae*, *B. fragilis*, *P. melaninogenica*, *F. necrophorum*, *F. nucleatum* e *P. anaerobius*). Nos amálgamas testados, nenhum demonstrou atividade antimicrobiana. O MTA apresentou efeito antimicrobiano contra alguns facultativos e nenhuma atividade contra anaeróbios estritos. O Super-EBA e o óxido de zinco e eugenol mostraram algum efeito contra ambos os grupos microbianos testados. Torabinejad *et al.* (41) determinaram a capacidade seladora do MTA, IRM, amálgama e Super-EBA em obturações retrógradas apicais expostas ao *S. epidermidis* durante 90 dias. A maioria das amostras obturadas com IRM, Super-EBA ou amálgama de prata mostraram infiltrações bacterianas entre 6 e 57 dias. Nenhuma das amostras obturadas com MTA apresentou infiltrações durante todo o experimento.

Rocha (45) investigou a infiltração bacteriana por via coronária, com obturação retrógrada de óxido de zinco e eugenol ou MTA em dentes de cães. Os resultados permitiram concluir que o MTA após 180 dias de inserção independente do tratamento executado apresentou resultados melhores do que os do óxido de zinco e eugenol. Dos materiais testados, o MTA foi o único a apresentar depósito de cimento em íntimo contato.

A magnificação tem sido utilizada para analisar o comportamento de adaptação (presença de espaços ou fendas) entre as superfícies de um material e uma estrutura dentária. Torabinejad *et al.* (19) avaliaram a capacidade seladora do IRM, Super-EBA, MTA e amálgama de prata, utilizando-se observação direta das imagens a partir da MEV. O MTA demonstrou resultados melhores do que os outros materiais. Peters & Peters (36) avaliaram o selamento apical do Super-EBA e o MTA como retro-obturadores por meio da MEV. Réplicas das retro-obturações foram avaliadas antes e após submetê-las a ciclos mastigatórios controlados por computador, equivalentes há cinco anos. Adaptações marginais e a integridade dos dois materiais foram observadas, e a presença de microfissuras registradas. Observaram-se poucas falhas nas adaptações marginais nos dois materiais, que aumentaram após os ciclos mastigatórios. O mesmo ocorreu quanto às microfissuras. Ambos os materiais mostraram excelentes adaptações marginais antes dos ciclos mastigatórios. Após os mesmos, a percentagem de margens contínuas decresceu ligeiramente. Xavier *et al.* (37) avaliaram o selamento de materiais retro-obturadores (MTA-Angelus, Super-EBA e Vitremer) por meio de infiltração de corante e a adaptação marginal por meio de MEV. Houve diferenças significativas entre os três materiais em relação à capacidade de selamento. O Vitremer apresentou maior microinfiltração marginal. Em relação a adaptação marginal, MTA-Angelus demonstrou os melhores resultados. A análise por meio de MEV demonstrou lacunas variáveis entre os materiais e as paredes da dentina. O MTA apresentou menor lacuna. Ausência de correlação entre as duas metodologias foi claramente observada.

O comportamento do MTA frente à adaptação marginal obtido no presente estudo apresenta-se em concordância com os realizados por Torabinejad *et al.* (19), Peters & Peters (36) e Xavier *et al.* (37). Os resultados do grupo do Epiphany/Resilon mostraram fendas nas imagens de MEV, comparada ao MTA. Este resultado está de acordo com os achados, obtidos por Tay *et al.* (39) que utilizaram MEV para verificar a ultra-estrutura do selamento apical, e de Hollanda *et al.* (40) que utilizaram testes de infiltração microbiana. Todavia, discordantes aos encontrados por Shipper *et al.* (47) e Maltezos *et al.* (48) que compararam o selamento apical do Epiphany/Resilon com o Pro-Root MTA e o Super-EBA em retro-obturações, não encontrando diferença estatisticamente significativa entre os resultados obtidos pelo Epiphany/Resilon e o Pro-Root MTA.

O potencial de selamento de um material retro-obturador endodôntico deve ser avaliado sob vários aspectos, incluindo características físico-químicas, antimicrobianas e a tolerância tecidual. O comportamento do MTA frente às várias propriedades avaliadas permite indicá-lo como material retro-obturador. Todavia, estudos devem ser desenvolvidos com vistas a avaliações por novas metodologias, considerando limitações inerentes às condições laboratoriais em análises experimentais por meio do MEV.

7. CONCLUSÃO

Conforme a metodologia descrita, pode-se concluir que os dentre os materiais retro-obturadores testados, o Epiphany/Resilon apresentou a menor adaptação marginal, enquanto que o Pro-Root MTA e Super-EBA apresentaram as maiores.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nair PNR. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Critic Rev Oral Biol Med* 2004;15:348-81.
2. Nair PNR. Biology and pathology of apical periodontitis. In: Estrela C. *Endodontic Science*. São Paulo: Ed. Artes Médicas, 2009. p.285-348.
3. Bernabé PFE, Holland R. Endodontic Surgery. In: Estrela C. *Endodontic Science*. São Paulo: Ed. Artes Médicas, 2009. p.1079-1173.
4. Lee S, Monsef M, Torabinejad M. Sealing Ability of a Mineral Trioxide Aggregate for Repair of Lateral Root Perforations. *J Endod* 1993; 19(11):541-4.
5. Torabinejad M, Watson TF, Pitt-Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling Material. *J Endod* 1993; 19(12):591-5.
6. Holland R, Souza V, Nery MJ, Bernabé PFE, Otoboni-Filho JA, Dezan Júnior E. Reaction of Rat Connective Tissue To Implanted Dentin Tubes Filled with Mineral Trioxide Aggregate or Calcium Hydroxide. *J Endod* 1999; 25(3):161-6.

7. Estrela C, Bammann LL, Estrela CRA, Silva RS, Pécora JD. Antimicrobial and chemical study of MTA, portland cement, calcium hydroxide paste, sealapex and dycal. *Braz Dent J* 2000; 11(1):3-9.
8. Gomes-Filho JE, Watanabe S, Bernabe PFE, et al. A mineral trioxide aggregate sealer stimulated mineralization. *J Endod* 2009;35:256–60.
9. Holland R, Souza V, Nery MJ, Faraco-Júnior IM, Bernabé PFE, Otoboni-Filho JA, Dezan-Júnior E. Reaction of Rat Connective Tissue to Implanted Dentin Tube Filled with Mineral Trioxide Aggregate, Portland Cement or Calcium Hydroxide. *Braz Dent J* 2001; 12(1):3-8.
10. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone beam volumetric tomography. *J Endod* 2007;33:1121–32.
11. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008;34:273–9.
12. Wu M-K, Shemesh H, Wesselink PR. Limitations of previously published systematic reviews evaluating the outcome of endodontic treatment. *Int Endod J* 2009;42:656-66.
13. Kojima K, Inamoto K, Nagamatsu K, Hara A, Nakata K, Morita I, Nakagaki H, Nakamura H. Success rate of endodontic treatment of teeth with vital and nonvital pulps. A meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;97:95-9.

14. Johnson BR. Considerations in the selection of a root-end filling material. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;87(4):398-404.
15. Pereira-Junior W, Moura MS, Guedes OA, Decurcio RA, Estrela C. Analysis of criteria of success in endodontics and implant dentistry. *Rev Odontol Bras Central* 2010;19:108-18.
16. Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: A Review. *J Endod* 2006;32:601-23.
17. Torabinejad M, Hong CU, Pitt-Ford TR, Kettering JD. Cytotoxicity of Four Root End Filling Materials. *J Endod* 1995; 21(10):489-92.
18. Saidon J, He J, Zhu Q, Safarvi K, Spangberg LSW. Cell and tissue reaction to mineral trioxide aggregate or Portland cement. *J Endod* 2003; 29:261-4.
19. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt-Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod* 1995; 21(6):295-9.
20. Bernabe PF, Holland R, Morandi R, et al. Comparative study of MTA and other materials in retrofilling of pulpless dogs' teeth. *Braz Dent J* 2005;16:149 –55.
21. Nair PN, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide

- aggregate: a randomized controlled trial. 2008. *Int Endod J* 2009;42:422-44.
22. Accorinte ML, Loguercio AD, Reis A et al. Evaluation of two mineral trioxide aggregate compounds as pulp-capping agents in human teeth. *Int Endod J* 2009;42:122-8.
23. Holland R, Souza V, Nery MJ, Faraco-Júnior IM, Bernabé PFE, Otoboni-Filho JA, Dezan-Júnior E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with a white mineral trioxide aggregate. *Braz Dent J* 2002; 13(1):23-6.
24. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt-Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *J Endod* 1994; 20(4):159-63.
25. Torabinejad M, Hong CU, Pitt-Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J Endod* 1995; 21(8):403-6.
26. Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Pitt-Ford TR, Monsef M. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in Dogs. *J Endod* 1995; 21(12):603-7.
27. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt-Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995; 21(7):349-53.
28. Torabinejad M, Hong CU, Pitt-Ford TR, Kettering JD. Cytotoxicity of four root end filling materials. *J Endod* 1995; 21(10):489-92.

29. Torabinejad M, Hong CU, Pitt-Ford TR, Kariyawasam SP. Tissue reaction to implanted Super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: A preliminary report. *J Endod* 1995; 21(11):569-71.
30. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1999; 25(3):197-205.
31. Estrela C, Bernabé PFE, Decurcio DA, Silva JA, Estrela CRA, Figueiredo JAP. Microbial leakage of MTA, Portland cement, Sealapex and zinc oxide-eugenol as root-end filling materials. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2011;16:418-24.
32. Camilleri J. The chemical composition of mineral trioxide aggregate. *J Conserv Dent* 2008;11:141-3.
33. Duarte, M, Domingues R, Matsumoto M, Padovan L, Kuga M, Duarte MAH. Evaluation of apical surface roughness after root resection: a scanning electron microscopic study. *O Surg O Med O Pathol O Radiol Endod* 2007;104:74-6.
34. Adamo HL, Buruiana R, Schertzer L, Boylan RJ. A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endod J*. 1999;32:197-203.
35. De-Deus G, Coutinho-Filho T, Reis C, Murad C, Paciornik S. Polymicrobial leakage of four root canal sealers at two different thicknesses. *J Endod*. 2006;32:998-1001.

36. Peters CI, Peters OA. Occlusal loading of EBA and MTA root-end fillings in a computer-controlled masticator: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 2002; 35:22-9.
37. Xavier CB, Weismann R, de Oliveira MG, Demarco FF, Pozza DH. Root-end filling materials: apical microleakage and marginal adaptation. *J Endod* 2005;31(7):539-42.
38. Estrela C, Bueno MR. Epidemiology and therapy of apical periodontitis. In: Estrela, C. *Endodontic Science*. São Paulo: Ed. Artes Médicas, 2009. P.349-419.
39. Tay FR, Loushine RJ, Weller N, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, Shirley Lai CN, Raina R, Williams. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod*. 2005; 31:516-9.
40. Hollanda ACB, Estrela CRA, Decurcio DA, Silva JA, Estrela C. Sealing ability of three commercial resin-based endodontic sealers. *General Dentistry* 2009;57:368-73.
41. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt-Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1995; 21(3):109-112.
42. Tang HM, Torabinejad M, Kettering JD. Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. *J Endod*. 2002;28:5-7.

43. Wu KK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long-Term seal provided by some root-end. J Endod 1998; 24(8):557-60.
44. Gonçalves SB, Bramante CM. Avaliação in vitro da capacidade seladora do Super-EBA e do MTA em quatro técnicas de obturação retrógrada. Rev Fac Odontol Bauru 2002;10(3):170-8.
45. Rocha, WC. Avaliação dos efeitos da infiltração bacteriana, por via coronária, em dentes de cães submetidos à obturação retrógrada com o MTA. [Tese de Doutorado] Araçatuba:Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho;2004.
46. Bernabé PFE, Holland R, Queiroz AC, Souza V, Nery MJ, Otoboni-Filho JA, Dezan-Jr E, Gomes-Filho JE. Avaliação da capacidade seladora de alguns materiais retrobturadores. Rev Odontol Bras Central 2002;11:68-71.
47. Shipper G, Orstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material. (Resilon). J Endod. 2004; 30:342-7.
48. Maltezos C, Glickman, GN, Ezzo P, He J. Comparison of the sealing of resilon, Pro Root MTA and Super EBA as root end filling materials: a bacterial leakage study. J Endod. 2006; 32:324-7.

9. PUBLICAÇÃO

Medicina Oral Patología Oral y Cirugia Bucal

Publication Types: Research

Marginal adaptation of root-end filling materials detected by using scanning electron microscopy

Helder Fernandes de Oliveira¹, Ana Helena Gonçalves de Alencar², José Antônio Poli de Figueiredo³, Orlando Aguirre Guedes⁴, Daniel de Almeida Decurcio⁴, Carlos Estrela⁵

¹DDS, MSc, Graduate Student (Master's Degree), Department of Oral Sciences, Federal University of Goiás, Goiânia, GO, Brazil

²DDS, MSc, PhD, Professor of Endodontics, Department of Oral Sciences, Federal University of Goiás, Goiânia, GO, Brazil

³DDS, MSc, PhD, Professor of Post-Graduate Program in Dentistry, Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil

⁴DDS, MSc, PhD, Professor of Endodontics, Department of Oral Sciences, Federal University of Goiás, Goiânia, GO, Brazil

⁵DDS, MSc, PhD, DDS, MSc, PhD, Professor of Endodontics, Department of Oral Sciences, Federal University of Goiás, Goiânia, GO, Brazil

⁶DDS, MSc, PhD, DDS, MSc, PhD, Professor of Endodontics, Department of Oral Sciences, Federal University of Goiás, Goiânia, GO, Brazil

Correspondence

Helder Fernandes de Oliveira

Federal University of Goiás,

Department of Stomatologic Sciences

Praça Universitária s/n, Setor Universitário

CEP 74605-220, Goiânia, GO, Brazil.

E-mail: helfo22@gmail.com

Abstract

Objective: To evaluate the marginal adaptation of root-end filling materials using scanning electron microscopy. Study Design: Twenty-five human maxillary anterior teeth were prepared using a K-File #50 to 1 mm past the apical foramen and filled with gutta-percha points and Sealapex® using the conventional lateral condensation technique. The apical 3 mm of the roots was sectioned perpendicularly to the long axis of the tooth using a Zecrya® drill. A 3-mm-deep root-end cavity was prepared using DF908 ultrasonic tips powered by an Enac® ultrasonic unit. The teeth were randomly assigned to 5 groups of 5 roots each according to the materials tested (IRM, amalgam, Pro-Root MTA, Super-EBA and Epiphany/Resilon). The root-end cavities were filled with the materials prepared according to the manufacturer's directions. The root apices were carefully prepared for sputter coating and posterior evaluation using scanning electron microscopy. The images of root-end fillings were divided into four quadrants and distributed into five categories according to the level of marginal adaptation between the root-end material and the root canal walls. The Fisher exact test was used for statistical analysis. The level of significance was set at $\alpha=5\%$. Results: Specimens that received Pro-Root MTA had better marginal adaptation than those with IRM, amalgam and Epiphany/Resilon ($p<0.05$), but similar results to those found in the Super-EBA group ($p>0.05$). The marginal adaptation values in the Epiphany/Resilon group were the lowest ($p <0.05$). Conclusions: The Pro-Root MTA and Super EBA groups had the most quadrants with marginal adaptation, and the Epiphany/Resilon group, the fewest.

Key words: *Root-end filling materials, apical microleakage, marginal adaptation, MTA, scanning electron microscopy.*

Introduction

Perfect cleaning and shaping and adequate endodontic sealing prevent microorganisms and endotoxins from reaching apical and periapical tissues and determine the success of endodontic treatment. Different factors, generally of microbial (intra and extra-radicular infection) or non-microbial origin (endogenous and exogenous), may be responsible for the failure of endodontic treatment. The characteristic signs of endodontic treatment failure are apical periodontitis and, often, post treatment symptoms that indicate the need of endodontic retreatment or surgical interventions (1).

The development of materials with excellent physical and biological properties, together with well-performed techniques, has brought important contributions to achieving high success rates and significant reductions in the number of complementary surgical procedures (2-5). However, the rates of endodontic treatment success have been overestimated, which is confirmed when data are analyzed using criteria based on three-dimensional imaging (6).

Despite advances in the biological and physicochemical properties of materials, endodontic treatment still fails because it does not achieve its fundamental objectives: emptying, cleaning, shaping and sealing the system of dentin tubules. Risk factors, such as the presence of endodontic microbiota, structured biofilm in inaccessible areas and lack of a strategy for cleaning and shaping according to an effective technique and a clear protocol, seem to be responsible for endodontic treatment failures (1,6).

Carefully performed clinical procedures using well-defined and scientifically sound procedures have made it possible to perform endodontic retreatment using the conventional technique rather than apical surgery. However, when all conventional alternatives have been tried, and after the risks and benefits of a dental implant have been analyzed, periapical surgery may be an alternative (7,8). Several factors inherent to endodontic procedures, such as perforations, instrument fractures, calcifications and anatomic anomalies, may lead to treatment failure. In some cases, conventional endodontic treatments are not sufficient to solve the problem, and surgical endodontic interventions are required. Endodontic surgery should be seen as a conservative alternative, because it prevents extractions (7,8).

The steps of periapical surgery are the surgical debridement of pathological periradicular tissue, apical root-end resection, root-end preparation and placement of root-end filling material to seal the root canal (7). The sealing provided by root-end filling materials determines the success of this type of treatment. The ideal root-end filling material for periradicular surgery should prevent infiltration of microorganisms and their products into the periapical tissues, adhere to the dentin walls, be biocompatible with the tissues that it comes in contact with, and be insoluble in tissue fluids. It should also be nontoxic, easy to manipulate and sufficiently radiopaque to facilitate radiographic identification (7-9).

Several root-end filling materials to seal root-end cavities have been studied, such as gutta-percha, amalgam, zinc oxide and eugenol cement, zinc oxide and eugenol-based cements (IRM, Super-EBA), Cavit, composite resins and MTA (2-4,7-13,15-19,30).

The importance of perfect apical sealing in periradicular surgery defines the development of root-end filling materials that have adequate physicochemical and biological characteristics. These materials have been tested using different methods in studies that evaluated physicochemical properties (13-15,18,20), microbiological properties (5,8,16,25,30), tissue responses (4,7,10-12,14,17,19) and apical sealing (2,3,13,15,22-24,26-30). Scanning electron microscopy (SEM) has been used to evaluate the marginal adaptation of materials, although there are the inherent limitations to in vitro studies conducted in laboratories (21,22).

The importance of root-end filling materials for endodontic sealing and treatment success, together with the possibility of marginal adaptation failure, cracks and spaces in the interface between the material and the dentin walls, justified this study, which used SEM to evaluate the marginal adaptation of root-end filling materials.

Material and Methods

Twenty-five human maxillary anterior teeth extracted for different reasons were obtained from the Dental Urgency Service of the School of Dentistry of the Federal University of Goiás, Goiânia, Brazil. This study was approved by the Ethics Committee of the Federal University of Goiás, Brazil. Preoperative radiographs of each tooth were obtained to confirm the absence of calcified root canals and internal or external resorption, and the presence of a fully formed apex.

The teeth were removed from storage in 0.2% thymol solution and immersed in 5% sodium hypochlorite (Fitofarma, Goiânia, Brazil) for 30 min to remove external tissues. The crowns were removed to set the remaining tooth length to a standardized 16 mm from the root apex. After initial radiographs, standard access cavities were prepared, and the cervical third of each root canal was enlarged using ISO # 50 up to # 90 Gates-Glidden drills (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland). Teeth were prepared using up to an ISO # 50 K-File (Dentsply/Maillefer) 1 mm short of the apical foramen. During instrumentation, the root canals were irrigated with 3 ml of 1% NaOCl (Fitofarma) at each change of files. Root canals were dried and filled with 17% EDTA (pH 7.2) (Biodinâmica, Ibiporã, Brazil) for 3 min to remove the smear layer. After that, the root canals were irrigated again with 3 ml of 1% NaOCl and dried with paper points (Dentsply/Maillefer).

The root canals were filled with gutta-percha points (Tanari®, Manacapuru, Brazil) and the corresponding sealer (Sealapex®, Sybron Endo, Glendora, CA) using the conventional lateral condensation technique. After that, they were wrapped in wet gauze and placed in an incubator at 37° C for 24 h for the root-end filling material to set completely.

The apical 3 mm of roots was sectioned perpendicularly to the long axis of the tooth with a high-speed Zecrya® (Dentsply/Maillefer) drill under continuous air/water spray. After that, a 3-mm-deep root-end cavity was prepared using DF908 ultrasonic tips (Osada Eletric, CO., Osada, Japan) powered by an Enac® (Osada Eletric) ultrasonic unit under continuous irrigation with saline solution. The teeth were randomly assigned to 5 groups of 5 roots each, according to the materials tested (Table 1). The materials were prepared according to the manufacturer's directions, after which the root-end cavities were filled. The teeth were wrapped in wet gauze and placed in an incubator at 37° C for 24 h for the root-end filling materials to set completely.

The apical 3-mm specimens sectioned from each root were placed in individual plastic vials containing a 2.5% sodium hypochlorite solution for 3 h. The specimens were dehydrated in increasing concentrations of alcohol (70%, 90% and 99%) for 5 h each, then placed on metal stubs, labeled and sputter coated with 150-Å thick gold palladium (MED 020; BAL-TEC, Balzers, Liechtenstein). SEM was performed in the Electronic Microscopy Laboratory of Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, Brazil, using a Philips XL 20 Scanning Electron Microscope (Philips, Eindhoven, Netherlands) operating at 15 KV. Two previously calibrated observers independently analyzed the images.

The root-end area of each specimen was classified according to the presence and extent of marginal gaps into five different degrees: degree 0 (no marginal gap), degrees 1, 2, 3 and 4 (marginal gap in up to 1/4, from 1/4 to 1/2, in up to 3/4 and in the whole area) (Figure. 1). The different types of root-end filling material were analyzed according to the level of marginal adaptation using the Fisher exact test and the SPSS for Windows 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The level of significance was set at $\alpha=5\%$.

Results

The Pro-Root MTA group had better marginal adaptation than the IRM, amalgam and Epiphany/Resilon groups ($p < 0.05$) and similar results to those found in the Super-EBA group ($p > 0.05$). Specimens in the Epiphany/Resilon group had the smallest number of quadrants with marginal adaptation ($p < 0.05$). Those in the Super-EBA group had better marginal adaptation than in the Epiphany/Resilon group ($p < 0.05$). The marginal adaptation of specimens in the IRM group was similar to that produced by amalgam, Super-EBA and Epiphany/Resilon. The results of the Amalgam group were only better than those of the Epiphany/Resilon specimens. The results of the Epiphany/Resilon group were inferior to those found for Pro-Root MTA, Super-EBA, amalgam and Epiphany/Resilon, and similar to those found for IRM (Table 2).

Discussion

The concepts of contemporary endodontics resulting from scientific progress have created different treatment alternatives to solve old problems. Advances in diagnostic imaging and in cell and molecular biology have favored the appearance of new challenges and perspectives, such as the overestimation of endodontic success and conservative treatment options based on tissue engineering (6,8).

The confirmation of endodontic failure directs our attention to treatment options, such as retreatment, endodontic surgery and even tooth extraction. Prevention of bacterial leakage was the focus of numerous studies that analyzed the sealing ability of restorative, filling and root-end filling materials (2,3,7,8,16,22). The success of conventional treatment or surgery depends on coronal sealing and root-end filling.

This study evaluated the marginal adaptation of root-end filling materials (IRM, amalgam, Pro-Root MTA, Super EBA and Epiphany/Resilon) using SEM images at 100X and 500X magnification. The Pro-Root MTA produced better marginal adaptation than IRM, Amalgam and Epiphany/Resilon, and similar results to those found in the Super-EBA group. Epiphany/Resilon resulted in the poorest marginal adaptation when compared to all the other materials under test. These results are in agreement with findings reported in previous studies (4,5,19,26,37,39,40).

MTA first appeared in the early 1990s as an experimental material developed by Professor Mahmoud Torabinejad. It was prepared at the Loma Linda University in California with the goal of eliminating communication between the interior and exterior areas of the tooth (2,3). Holland et al. (4) found similar biological outcomes for MTA and calcium hydroxide and confirmed that the mechanisms of action of these substances were similar.

Different methods have been used to evaluate root-end sealing (2,3,5,8,25,26). Advantages, viability of studies and limitations inherent to in vitro and in vivo experiments have been discussed. MTA has been evaluated as a sealing material for cavities whose pulp and periapical tissues are exposed using different methods: infiltration tests (2,3,26,28), fluid

transport (27), infiltration with microbial indicators (5,8,24,25,29,30), biocompatibility tests (4,10-12,19), and analysis of marginal adaptation using SEM (13,21,22).

Using the analysis of dye penetration in human teeth, Torabinejad *et al.* (3) compared the sealing ability of MTA with silver amalgam and IRM in human teeth by analyzing the penetration of fluorescent rhodamine B. MTA provided excellent marginal sealing and was superior to Super-EBA, which resulted in less infiltration than silver amalgam. Bernabe *et al.* (7) compared the effect of MTA, IRM, Super EBA, glass ionomer and silver amalgam with varnish used as root-end filling materials. The rate of 2% methylene blue penetration was analyzed at 24 hours. MTA was the material that had the lowest rates of infiltration, whereas IRM had the worst results. Other root-end filling sealers had similar results when compared with each other.

Gonçalves & Bramante (28) verified absence significant differences on apical sealing ability of Super-EBA and MTA in four root canal filling techniques. Wu *et al.* (27) used a fluid transport model to evaluate 100 standard bovine 3-mm root sections with a central pulp lumen of 2.6 mm in diameter. Specimens were filled with one of five commonly used or potential root-end filling materials. At 24 h and at 3, 6, and 12 months after filling, leakage along these filling materials was measured under a low headspace pressure of 10 kPa (0.1 atm). The leakage rates of amalgam and Super-EBA decreased with time, whereas the improved seal of MTA was maintained until the end of the experiment. At 3, 6 and 12 months, both glass ionomer cements (Fuji II and Hi Dense) and MTA resulted in less leakage than that found in the amalgam and Super-EBA groups, and specimens that received amalgam leaked the most.

Infiltration tests with biological indicators have been used in numerous studies (8,16,25). Torabinejad *et al.* (16) compared the antimicrobial effect of silver amalgam, zinc oxide and eugenol, Super-EBA and MTA and found that no material under study had antimicrobial activity against strict anaerobic micro-organisms. With MTA, however, there was some effect on 5 of the 9 types of facultative bacteria used in the study. Bernabe *et al.* (26) assessed the histological response associated with grey MTA and zinc oxide eugenol (ZOE) as root-end filling materials in dogs' teeth where the root canals were not filled and the coronal access cavities were not restored. The root canals were prepared and half of them were dried, filled and the coronal access restored (closed). Grey MTA was associated with less periapical inflammation and tissue response when used as a root-end filling material, even when no root filling or coronal restoration was present.

Magnification has been used to analyze the behavior of adaptation (presence of spaces or gaps) of the surfaces of material and tooth structures. Torabinejad *et al.* (13) compared the marginal adaptation of MTA with commonly used root-end filling materials using SEM. MTA resulted in better adaptation than amalgam, Super-EBA and IRM. Peters & Peters (21) evaluated the marginal adaptation provided by Super-EBA (EBA) and Pro Root MTA (MTA) in root-end fillings and the occurrence of microcracks before and after occlusal loadings. Replicas taken of the root-end fillings and resected root-ends were examined using SEM before and after

they were subjected to in vitro chewing cycles in a computer-controlled chewing simulator for the equivalent of 5 years. Marginal adaptation and integrity of the two root-end filling materials were evaluated and the presence of microcracks was recorded. Both EBA and MTA had excellent marginal adaptation before masticatory loading. After loading, the amount of continuous margin for both root-end filling materials decreased slightly, but was still high. Xavier *et al.* (22) used two methods, dye leakage to evaluate the sealing ability of MTA-Angelus, Super EBA and Vitremer, and SEM to measure the marginal adaptation provided by each of the materials under study. There were significant differences between the three materials. The greatest microleakage was found in the Vitremer group. For marginal adaptation, MTA-Angelus had the best results. SEM analysis revealed variable gaps between materials and the dentin walls, and fewer gaps were found in the MTA group. There was a clear lack of correlation between the two methods.

Marginal adaptation in our MTA group was similar to that reported by Torabinejad *et al.* (13), Peters & Peters (21) and Xavier *et al.* (22). In the Epiphany/Resilon group, SEM revealed gaps, in contrast with the potential to adapt found in the MTA group, which is in agreement with the findings reported by Tay *et al.* (23), who used SEM to check the ultrastructure of the apical seal, and Holland *et al.* (24), who tested microbial infiltration. However, our findings differ from those reported by Shipper *et al.* (29) and Maltezos *et al.* (30), who compared the apical sealing ability of Resilon/Epiphany with that of Pro-Root MTA and Super EBA when used in root-end fillings and found no statistically significant differences between the results produced by Resilon/Epiphany or Pro-Root MTA.

The sealing potential of a root-end filling material must be evaluated considering several factors, such as its physicochemical characteristics, antimicrobial activity and tissue tolerance. The marginal adaptation of MTA and Super-EBA used as root-end filling suggested a good behavior when detected by SEM. However, studies should be conducted to rank the methods available for these analyses.

Conclusion

The analysis of the root-end filling materials under study revealed that Epiphany/Resilon provided the poorest marginal adaptation, whereas the best results were found in the Pro-Root MTA and Super EBA groups.

Acknowledgement

The authors deny any conflicts of interest related to this study. This study was supported in part by grants from the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq grants 306394/2011-1 to C.E.).

References

1. Nair PNR. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Critic Rev Oral Biol Med* 2004;15:348-81.
2. Lee S, Monsef M, Torabinejad M. Sealing Ability of a Mineral Trioxide Aggregate for Repair of Lateral Root Perforations. *J Endod* 1993; 19(11):541-544.
3. Torabinejad M, Watson TF, Pitt-Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993; 19(12):591-95.
4. Holland R, Souza V, Nery MJ, Bernabé PFE, Otoboni-Filho JA, Dezan Júnior E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *J Endod* 1999; 25(3):161-166.
5. Estrela C, Bammann LL, Estrela CRA, Silva RS, Pécora JD. Antimicrobial and chemical study of MTA, portland cement, calcium hydroxide paste, sealapex and dycal. *Braz Dent J* 2000; 11(1):3-9.
6. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008;34:273–9.
7. Bernabe PF, Holland R, Morandi R, et al. Comparative study of MTA and other materials in retrofilling of pulpless dogs' teeth. *Braz Dent J* 2005;16:149 –155.
8. Estrela C, Bernabé PFE, Decurcio DA, Silva JA, Estrela CRA, Figueiredo JAP. Microbial leakage of MTA, Portland cement, Sealapex and zinc oxide-eugenol as root-end filling materials. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2011;16:418-24.
9. Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice:A Review. *J Endod* 2006;32:601-23.
10. Holland R, Souza V, Nery MJ, Faraco-Júnior IM, Bernabé PFE, Otoboni-Filho JA,

Dezan-Júnior E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tube filled with mineral trioxide aggregate, portland cement or calcium hydroxide. *Braz Dent J* 2001; 12(1):3-8.

11. Torabinejad M, Hong CU, Pitt-Ford TR, Kettering JD. Cytotoxicity of four root end filling materials. *J Endod* 1995; 21(10):489-92.

12. Saidon J, He J, Zhu Q, Safarvi K, Spangberg LSW. Cell and tissue reaction to mineral trioxide aggregate or Portland cement. *J Endod* 2003; 29:261-64.

13. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt-Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod* 1995; 21(6):295-99.

14. Holland R, Souza V, Nery MJ, Faraco-Júnior IM, Bernabé PFE, Otoboni-Filho JA, Dezan-Júnior E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with a white mineral trioxide aggregate. *Braz Dent J* 2002; 13(1):23-26.

15. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt-Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *J Endod* 1994; 20(4):159-63.

16. Torabinejad M, Hong CU, Pitt-Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J Endod* 1995; 21(8):403-6.

17. Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Pitt-Ford TR, Monsef M. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in Dogs. *J Endod* 1995; 21(12):603-7.

18. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt-Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995; 21(7):349-53.

19. Torabinejad M, Hong CU, Pitt-Ford TR, Kariyawasam SP. Tissue reaction to implanted Super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: A preliminary report. *J Endod* 1995; 21(11):569-71.

20. Camilleri J. The chemical composition of mineral trioxide aggregate. *J Conserv Dent* 2008;11:141-3.
21. Peters CI, Peters OA. Occlusal loading of EBA and MTA root-end fillings in a computer-controlled masticator: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 2002; 35:22-9.
22. Xavier CB, Weismann R, de Oliveira MG, Demarco FF, Pozza DH. Root-end filling materials: apical microleakage and marginal adaptation. *J Endod* 2005;31(7):539-542.
23. Tay FR, Loushine RJ, Weller N, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, Shirley Lai CN, Raina R, Williams. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod.* 2005; 31:516-519.
24. Hollanda ACB, Estrela CRA, Decurcio DA, Silva JA, Estrela C. Sealing ability of three commercial resin-based endodontic sealers. *General Dentistry* 2009;57:368-373.
25. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt-Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1995; 21(3):109-112.
26. Tang HM, Torabinejad M, Kettering JD. Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. *J Endod.* 2002;28:5-7.
27. Wu KK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J Endod* 1998; 24(8):557-60.
28. Gonçalves SB, Bramante CM. In vitro evaluation of the sealing ability of the super-eba and mta in four different types of retrograde filling. *Rev Fac Odontol Bauru* 2002;10(3):170-78.
29. Shipper G, Orstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material. (Resilon). *J Endod.* 2004; 30:342-347.

30. Maltezos C, Glickman, GN, Ezzo P, He J. Comparison of the sealing of resilon, Pro Root MTA and Super EBA as root end filling materials: a bacterial leakage study. J Endod. 2006; 32:324-327.

Table 1. Distribution of the experimental samples according to root-end filling material.

Group	Root-end filling materials
1 (n=5)	<i>IRM[®]</i> (LD Caulk Division, Dentsply International, Milford, DE)
2 (n=5)	<i>Amalgam</i> (Logic+, SDI, Bayswater, Vic, Australia)
3 (n=5)	<i>Pro-Root MTA[®]</i> (Dentsply, Tulsa Dental, Tulsa, OK)
4 (n=5)	<i>Super EBA[™]</i> (Harry J. Bosworth Company, Skokie, IL)
5 (n=5)	<i>Epiphany/Resilon[™]</i> (Epiphany [™] , Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT)

Table 2. Comparison of root-end filling materials according to levels of marginal adaptation

	IRM[®]	Amalgam	Pro-Root MTA[®]	Super EBA[™]	Epiphany/ Resilon[™]
IRM[®]	-	p = 1	p = 0.048	p = 1	p = 0.143
Amalgam	p = 1	-	p = 0.048	p = 1	p = 0.029
Pro-Root MTA[®]	p = 0.048	p = 0.048	-	p = 0.167	p = 0.008
Super-EBA[™]	p = 1	p = 1	p = 0.167	-	p = 0.029
Epiphany/Resilon[™]	p = 0.143	p = 0.029	p = 0.008	p = 0.029	-

Fisher exact test

Figure Legends

Figure 1. Schematic representation of areas of marginal adaptation of root-end filling materials tested according to distribution quadrants.

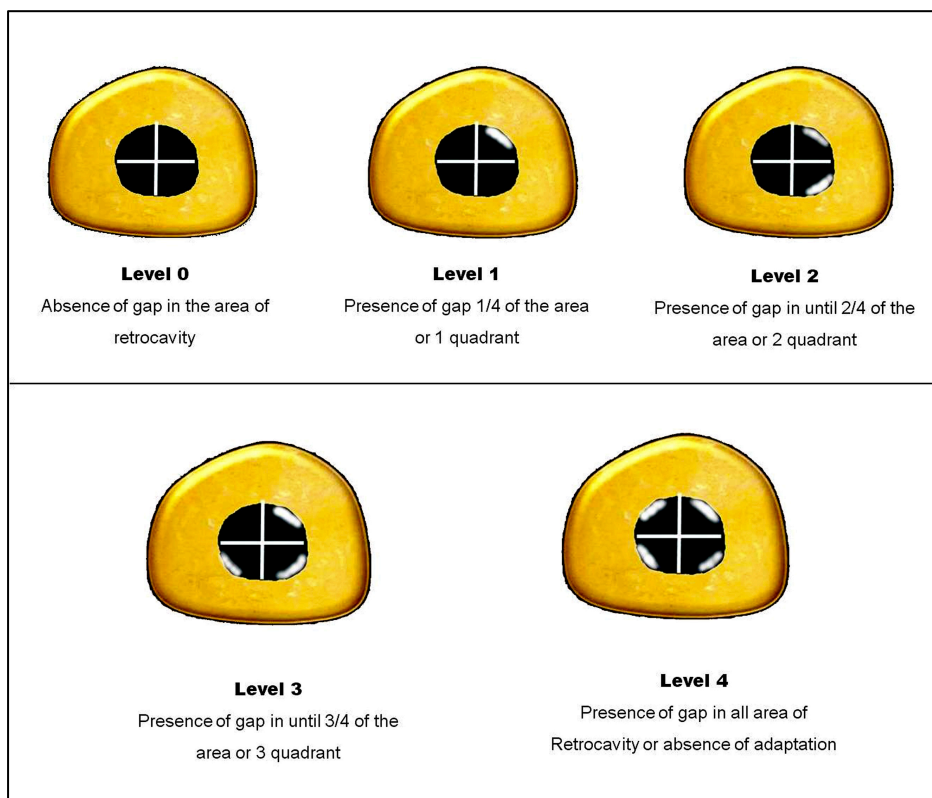


Figure 2. Marginal adaptation in specimens that received IRM[®] (A1 and B1), amalgam (A2 and B2), Pro-Root MTA[®] (A3 and B3), Super-EBA[™] (A4 and B4) and Epiphany/Resilon[™] (A5 and B5) at 100X (A) and 500X (B) magnifications.

